

vitom stanju te se uz točno određene temperaturne uvjete zbiva posljednji stupanj procesa polimerizacije.

Nekada se za proizvodnju materijala indeksa 1,6 najviše upotrebljavao *MR6*, no sada se više rabi *MR8* jer leće napravljene od tog monomera imaju viši Abbeov broj. Ovi materijali imaju dobra optička svojstva, visoku otpornost na pucanje i mogu biti obojeni.

Najnoviji u upotrebi od materijala s lomnosti svjetla 1,6 onaj je trgovačkog naziva *Tribid*, po svojstvima sličan *Trivexu*. Proizvodi ga kompanija *PPG Industries*. Proizvodi se kombinacijom postupka proizvodnje *Trivexa* i postupka proizvodnje klasičnih materijala visoke lomnosti svjetla. Dobiveni materijal je visoke žilavosti, visoke optičke kvalitete (Abbeov broj 41), niske gustoće (samo 1,23 gcm<sup>-3</sup>) kao *Trivex*, ali i potpune apsorpcije UV zraka i povišene lomnosti svjetla (1,6), što ga čini estetski znatno prihvatljivijim za izradu leća visoke dioptrijske jakosti.

Nedostaci su mu visoka cijena, zbog čega za sada još nije prisutan na svim tržištima, te to što se proizvodi u dioptrijskim jakostima od +/- 3 do +/- 7.

### Plastika visoke lomnosti svjetla

U ovu skupinu ubrajaju se materijali lomnosti svjetla od 1,64 do 1,74. Po svojim karakteristikama slični su materijalima s lomnosti svjetla 1,6.

### Polimeri lomnosti svjetla 1,67<sup>1</sup>

Ovi su materijali također duromeri i proizvode se lijevanjem, slično kao i materijali s  $n = 1,6$ . Gotovo svi proizvođači leća rabe isti materijal. On se može proizvesti upotrebom monomera *MR7* i monomera *MR10* kompanije *Mitsui Chemicals*. Ako se proizvode od monomera *MR7*, žilaviji su, a oni od monomera *MR10* bolje su

toplinske postojanosti (do 100 °C, za razliku od 85 °C koliko ima *MR7*).

Leće napravljene od ovih materijala imaju relativno nizak Abbeov broj, ali su zbog toga oko šest puta žilaviji u odnosu na *CR-39*, veće su estetske privlačnosti kod većih dioptrijskih jakosti te su pogodne za ugradnju u sve vrste okvira koji su na tržištu.

### Plastika vrlo visoke lomnosti svjetla<sup>1</sup>

Danas je u komercijalnoj upotrebi plastika s najvišom lomnosti svjetla od 1,74. Taj iznimni materijal dopušta 40 % tanje leće u usporedbi s onima od *CR-39* pri istim uvjetima. Također ima znatnu V-vrijednost, 33. Nedostatak je što se može pojaviti žutilo u leći, vrlo je krhak prilikom bušenja i pritom se stvara neugodan miris. Vrlo je skup za korisnika.

Materijal s lomnosti svjetla od 1,76 pod nazivom *Tokai* proizvodi japanska tvrtka *Tocay Optical*. To je materijal s dodatkom alilidiglikolkarbonata i trenutačno je plastika s najvišom lomnosti svjetla. Iako je *Tokai* izumljen još 1939. u Japanu, na tržište je uveden tek 2006. Može biti obojen u masi do 85 %, a dopušta tanju stijenku leće od 47 % u odnosu na *CR-39*.

Konačna debljina i masa leće u okviru naočala ne ovise samo o lomnosti svjetla. One su funkcije dioptrijske jakosti, lomnosti svjetla leće, gustoće materijala i, najviše, promjera leće potrebnog za ugradnju u okvir. U slučaju kada su mogući vrlo mali promjeri leća, razlika u masi i debljini leće gotovo je zanemariva bez obzira na upotrijebljeni materijal i dioptrijsku jakost. Kada su potrebni veliki promjeri leća od materijala visoke lomnosti svjetla, iako tanje (svi materijali) i lakše (samo neka plastika), još su teške i estetski vrlo neprivačne.

Vidljiv je znatan utjecaj povećanog promjera i gustoće materijala na ukupnu težinu. Za povišenje lomnosti svjetla mineralnog materijala

potrebno je dodati kemijske elemente koji su u pravilu gušći, što utječe na povećanje ukupne težine leće bez obzira na smanjen volumen zbog poboljšane lomnosti svjetla. Povećanjem promjera leće potrebne za ugradnju povećava se i volumen leće, tako da razlika u težini postaje još veća i problem za korisnika još je veći. To vrijedi (iako u manjoj mjeri) i za standardnu plastiku lomnosti svjetla 1,6, 1,67 i 1,74. Jedini materijali čijom se upotrebom zaista može uštedjeti na težini su *Trivex*, polikarbonat i najnoviji materijal *Tribid*.

Na temelju dostupnih i prikazanih vrijednosti vidljivo je:

- plastične leće pogodne su zbog niže gustoće
- plastika bolje blokira UV zrake
- Abbeov broj približno jednako opada s porastom lomnosti svjetla za plastične i za mineralne leće
- refleksija približno jednako raste s porastom lomnosti svjetla za plastične i za mineralne leće.

Staklo je nezamjenjivo za izradu leća otpornih na grebanje i leća s visokom lomnosti svjetla ( $n = 1,8 - 1,9$ ), što se postiže dodatkom velikih količina titanova dioksida. Za sada još ne postoji plastika toliko visoke lomnosti svjetla ni postupak dorade toliko otporan na ogrebotine kao što je to slučaj sa staklom. Za ostale namjene polimerne su leće gotovo istisnule staklo.

### KORIŠTENJA LITERATURA

1. Babić, D.: Završni rad, Veleučilište Velika Gorica, 2015.
2. *Ophthalmic Optics files, Materials*, Essilor International, 1997.
3. *Introduction of Ophthalmic Optics*, www.visin.zeiss.com
4. Gilbert, P.: *Material changes-plastic lenses of the last decade*, www.optometry.co.uk/clinical

### Polimerni materijali i dodatci

*Pripremila:* Jelena PILIPOVIĆ

#### Tjelesna toplina mijenja oblik polimera

Na *Sveučilištu u Rochesteru* načinjen je polimerni materijal koji se pri tjelesnoj temperaturi vraća u prvotni oblik. To je postignuto tako da se niti polimera vežu molekulnim vezama koje usporavaju kristalizaciju, odnosno sprječavaju daljnji nastavak kristalizacije, pri čemu se polimer vraća u svoj izvorni oblik. To se događa u ovom slučaju odmah ispod normalne tjelesne temperature. Tom prilikom materijal pohranjuje goleme količine elastične energije te tako može podignuti neki predmet tisuću puta teži od svoje mase, npr. tanka nit polimera mogla bi povući

veliki dječji autić. Od razvoja do upotrebe takvih polimera treba proći još mnogo vremena, no već sada je jasno da će njihova primjena biti korisna npr. za odjeću koja savršeno pristaje kupcu, umjetnu kožu i šavove koji se sami zatežu.

www.engadget.com/2016/02/12/shape-shifting-polymer-straightens-out-with-a-little-heat/

#### Bakterije koje jedu PET ambalažu

Statistička mjerenja pokazala su da šestinu otpada čini PET (*poli(etilen-tereftalat)*), koji ima dugo vrijeme razgradnje. Znanstvenici s *Instituta za tehnologiju u Kjotu* i *Sveučilišta Keio otkrili su*, međutim, bakteriju *Ideonella sakaiensis 201-F6*, koja može razgraditi tanki sloj poli(etilen-tereftalata) u samo šest tjedana pri temperaturi

od 30 °C. S pomoću dva enzima bakterija razbija PET na *tereftalnu* kiselinu i *etilenglikol*, dva kemijska spoja manje opasna za okoliš.

znanost.geek.hr/clanak/otkrivena-bakterija-koja-se-prilagodila-jesti-plastiku

#### Primjena cikloolefinskog kopolimera u medicini

Za mjerne brtve ventila na čepovima za spremnike koji se upotrebljavaju u medicini na tržištu se pojavila primjena cikloolefinskog kopolimera (COC) *DF30Plus* koji ima jedinstvena elastična svojstva (slika 5). Uvođenjem novoga polimernog materijala *DF30* u ventil poboljšava se kompatibilnost tvari i suha formulacija lijeka, postiže se vrhunska čistoća, poboljš

šana su svojstva nepropusnosti kapljevina koje se nalaze u spremniku te je manje osjetljiv postupak proizvodnje.



SLIKA 5 – Brtva ventila izrađena od cikloolefinskog kopolimera

[www.4spe.myindustrytracker.com/en/article/76422?utm\\_source=Mandrill-4spe&utm\\_medium=newsletter&utm\\_campaign=4spe-743-s-en-050216](http://www.4spe.myindustrytracker.com/en/article/76422?utm_source=Mandrill-4spe&utm_medium=newsletter&utm_campaign=4spe-743-s-en-050216)

### Ugljikova vlakna za poboljšanje čvrstoće hokejske palice

Tvrtka *Bauer Hockey* predstavila je palicu za hokej koja je ojačana ugljikovim vlaknima *TeXtreme* (slika 6). Vlakna poboljšavaju mehanička svojstva i površinsku glatkoću te smanjuju potrebu za završnom obradom u odnosu na druge materijale s ugljikovim vlaknima. Ugljikova vlakna *TeXtreme* ojačana su nanocjevčicama mikroveličine koje pomažu u sprječavanju nastanka napuklina te produljuju vijek trajanja palice, a izrađuju se postupkom nazvanim *eLASTech*. Također, primjenom vlakana *TeXtreme* smanjena je ukupna masa, povećane su izdržljivost i čvrstoća palice te je vrh palice dobro izbalansiran, uz zadržavanje svojstva pri- gvišavanja vibracija.



SLIKA 6 – Hokejska palica ojačana ugljikovim vlaknima *TeXtreme*

[www.materialstoday.com/carbon-fiber/products/carbon-fiber-improves-hockey-stick-strength](http://www.materialstoday.com/carbon-fiber/products/carbon-fiber-improves-hockey-stick-strength)

### Novi trendovi premazivanja alata

Glavni razlog premazivanja alata za rezanje i oblikovanje je produljenje vijeka trajanja alata. Ovisno o upotrebi alata, tvrdoća, postojanost pri temperaturi i kontakt između alata i materijala

koji se treba rezati ili formirati mogu utjecati na vijek trajanja premazanih alata, a koji je deset puta dulji od nezaštićenih alata. Pri tome rezanje laganih materijala donosi neke izazove za premaze reznih alata na odvajanje čestica. Materijali kao što su aluminij, magnezij i plastika ojačana ugljikovim vlaknima osim što su manje mase imaju tendenciju zalijepiti se za alat za rezanje, što rezultira kraćim vijekom trajanja alata. Vijek trajanja alata može se znatno produljiti upotrebom prevlaka od tetraedarskoga amorfno ugljika koji pokazuje neka tipična svojstva dijamanta (TA-C, DLC), s niskim faktorom trenja. Prevlake TA-C pokazale su se veoma pogodnima za rezanje lakih metala i vlaknima ojačane plastike, koji imaju tendenciju prijanjanja uz alat. Prevlaka alata TA-C ima debljinu sloja od 0,5  $\mu\text{m}$ . Prevlake se nanose postupkom kružnog luka (e. *circular arc technology*) koji jamči snažnu adheziju prevlake.

[www.etmm-online.com/its-all-about-the-coating-trends-in-tool-coating-technology-a-518444/&cmp=nl-229](http://www.etmm-online.com/its-all-about-the-coating-trends-in-tool-coating-technology-a-518444/&cmp=nl-229)

### Ponašanje polietilena visoke gustoće pri udarnom savojnom naprežanju

Ponovna upotreba reciklirane plastike nudi mnoge prednosti u upravljanju plastičnim otpadom te se može upotrijebiti kako bi se poboljšala održivost plastičnih materijala. Reciklirani PE-HD (polietilen visoke gustoće) sve je rasprostranjeniji u građevinskim proizvodima i proizvodima široke potrošnje. Istodobno je lošijih svojstava od izvornog materijala. Naprimjer, reciklirani PE-HD ima mnogo nižu žilavost od izvornog PE-HD-a.

U novije vrijeme istraživanja su pokazala da se dodavanjem male količine nanokompozita, polimerne gline, mogu poboljšati mehanička svojstva recikliranih materijala. No potrebno je paziti koju količinu dodati u reciklirani PE-HD da se poboljšaju mehanička svojstva. Istraživanjima je ispitano ponašanje izvornog PE-HD-a i mješavine recikliranoga i izvornog PE-HD-a pri lomu. Oba materijala pripremaju se u dvo-pužnom ekstruderu dodavanjem 2,4 i 6 % nanogline. Rezultati su pokazali da je kod izvornog PE-HD-a s dodatkom 6 % nanogline materijal promijenio stanje iz duktilnoga u krhko, a kod reciklirane mješavine to se dogodilo već s dodatkom 2 % nanogline.

Također, povećanjem sadržaja nanogline hrapavost površine se povećala, dok se žilavost smanjila. Povećana hrapavost kompenzirana je smanjenom žilavošću zbog smanjene veličine vlakana kada je recikliranoj mješavini PE-HD-a dodano 2 % nanogline. Stoga je moguće da vrijednost žilavosti ostane nepromijenjena. Dodavanjem mješavini više od 2 % nanogline žilavost se znatno smanjila. To je zato što su fibrile znatno smanjene i na taj je način stvoreno

raslojavanje površine. Dakle, 2 % nanogline maksimalna je količina za testiranu recikliranu mješavinu PE-HD-a.

[www.4spepro.org/view.php?article=006346-2016-02-05&category=Composites,02/2016](http://www.4spepro.org/view.php?article=006346-2016-02-05&category=Composites,02/2016)

### Dobivanje vatrootpornog betona dodatkom polimernih materijala

Samokomprimirani beton ima niz prednosti u odnosu na konvencionalni vibracijski beton (e. *conventional vibrated concrete*). No njegova je postojanost na djelovanje vatre mala, što rezultira ljuštenjem i pucanjem površinskog sloja. To ne znači da beton gori u uobičajenom smislu riječi, već izloženost vatri dovodi do pojave pahuljica i čestica betona. Voda zarobljena unutar materijala isparava kada je podvrgnuta visokim temperaturama, što iznutra podiže tlak u betonu i uzrokuje razgrađivanje materijala na čestice i pahuljice te dovodi do loma betona. Znanstvenici *Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology (EMPA)* pronašli su način da se taj nedostatak ukloni. Betonu su dodali mješavinu posebnog polimera koji mu daje sposobnost da izdrži visoke temperature, a zauzvrat održi integritet strukture betona. Ovaj nedostatak može se izbjeći i u normalnom vibracijskom betonu (e. *normal vibrated concrete*) dodavanjem mješavine polipropilenskih (PP) vlakana. Kada su izložena visokim temperaturama, ta se vlakna tale i ostavljaju mreže kanala iz kojih izlazi vodena para i time se iznutra sprječava podizanje tlaka. No dodavanje PP vlakana samokomprimiranom betonu utječe upravo na njegovu sposobnost stlačivanja pa stoga količina PP vlakana mora biti niska kako bi beton bio samokomprimiran i vatrootporan.

Znanstvenici su proveli istraživanje tako da su napravili niz tankih betonskih zidova, od kojih su svi bili pomiješani s polipropilenskim vlaknima, ali samo u nekima od njih bio je sadržan sintetički materijal pod nazivom superupijajući polimer (SAP), koji je u stanju apsorbirati velike količine vode. Ideja je bila da se SAP uprijed potopi u vodu i nabubri do veličine nekoliko puta veće od veličine suhog volumena. Tada, kad se beton složi, voda se izvuče iz SAP-a kroz porozne cementne matrice, što onda uzrokuje da se SAP smanji ostavljajući iza sebe šupljine. Ti se prostori zatim povezuju s drugim šupljim prostorima unutar betona ostavljajući nekoliko rastopljenih vlakana PP-a koja su bila u mješavini za ponovno stvaranje mreže kanala koja omogućuje betonu da izdrži intenzivnu toplinu. Ti su betonski zidovi zatim bili izloženi temperaturi do 1000 °C. Nakon devedeset minuta izloženosti visokoj temperaturi pokazalo se da je beton doziran sa SAP-om pokazao neke manje pukotine, dok je u betonu bez SAP-a došlo do velikog ljuštenja, pucanja i odljepljivanja površinskog sloja.

[www.gizmag.com/fire-resistant-concrete](http://www.gizmag.com/fire-resistant-concrete)